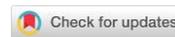


УДК 911.2

DOI: 10.19047/0136-1694-2024-SPYC-5-36



**Ссылки для цитирования:**

Шматова А.Г., Лобков В.А. Разнообразие почв острова Колгуев с криометаморфическими горизонтами // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2024. Специальный выпуск по материалам VII конференции молодых ученых “Почвоведение: Горизонты будущего. 2023”. С. 5-36. DOI: 10.19047/0136-1694-2024-SPYC-5-36

**Cite this article as:**

Shmatova A.G., Lobkov V.A., Diversity of soils on Kolguev Island with cryometamorphic horizons, Dokuchaev Soil Bulletin, 2024, Proceedings of the VII Conference of Young Scientists “Soil Science: Horizons of the Future. 2023”, pp. 5-36, DOI: 10.19047/0136-1694-2024-SPYC-5-36

**Благодарность:**

Полевые исследования выполнены за счет гранта РФФ № 22-17-00168; Лабораторные исследования выполнены в рамках темы государственного задания Института географии РАН FMWS-2024-0010. Авторы благодарят Горячкина С.В. за помощь в подготовке рукописи статьи; организаторов экспедиций: Глазова П.М. и Лошагину Ю.А.; Петрова Д.Г. – за помощь в проведении полевых исследований.

**Acknowledgments:**

Field studies were carried out with the financial support of the Russian Scientific Foundation grant No. 22-17-00168; Laboratory studies were carried out within the framework of the State Assignment of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences FMWS-2024-0010. The authors express their gratitude to S.V. Goryachkin for help in preparing the manuscript of the article; to expedition organisers: P.M. Glazov and Y.A. Loschagina; to D.G. Petrov for help in conducting field studies.

## Разнообразие почв острова Колгуев с криометаморфическими горизонтами

© 2024 г. А. Г. Шматова\*, В. А. Лобков\*\*

*Институт географии РАН, Россия,  
119017, Москва, Старомонетный пер., д. 29, с. 4.*

\* <https://orcid.org/0000-0002-3483-3188>, e-mail: [a.shmatova@yandex.ru](mailto:a.shmatova@yandex.ru).

\*\* <https://orcid.org/0000-0001-5296-1725>, e-mail: [vasya.lobkov.98@mail.ru](mailto:vasya.lobkov.98@mail.ru).

*Поступила в редакцию 31.01.2024, после доработки 06.03.2024,  
принята к публикации 21.08.2024*

**Резюме:** Остров Колгуев (подзона типичных тундр) до недавнего времени оставался мало изучен в почвенном отношении. В ходе экспедиционных исследований 2018–2023 гг. было выявлено, что значительную долю в почвенном покрове занимают почвы, имеющие в профиле горизонт с ярко выраженной структурой, который был диагностирован как криометаморфический (CRM). В связи с этим цель настоящей работы – охарактеризовать разнообразие и морфологические особенности тундровых почв с криометаморфическим горизонтом, выявленных на острове. Горизонты CRM наиболее часто имели зернистую структуру с острыми ребрами или икряную с округлыми гранями и не выраженными ребрами. Наиболее характерный размер агрегатов – 1–3 мм; реже – до 4 мм или менее 1 мм. В некоторых случаях структура была водопрочной, а почвенные агрегаты имели более плотное и сухое внутреннее пространство. Реже встречалась плитчато-зернистая структура со скелетанами. Особенность почв, наиболее типичных для о. Колгуев, – уменьшение выраженности структуры вплоть до ее исчезновения в верхних 5–10 см профиля. Такие почвы были отнесены к типу криометаморфических. Они являются основным компонентом почвенного покрова. Глееватый подтип этих почв и глееземы криометаморфические чаще встречаются в составе микроструктур почвенного покрова. В одном из центральных районов острова были описаны криометаморфические почвы с морфологически выраженным альфегумусовым горизонтом. Основываясь на принципах Классификации почв России, были выделены следующие типы почв: криометаморфические, перегнойно-криометаморфические, глееземы криометаморфические, а также почвы, которые предварительно отнесены к новому типу – подбуры криометаморфические, и новому подтипу – глееземы криометаморфические торфянистые. Таким образом, исследование почв о. Колгуев показало, что распространение криометаморфических почв намного шире, чем предполагалось ранее.

**Ключевые слова:** криометаморфические почвы; криогенная структура; классификация почв; типичная тундра.

## **Diversity of soils on Kolguev Island with cryometamorphic horizons**

© 2024 A. G. Shmatova\*, V. A. Lobkov\*\*

*Institute of Geography RAS,*

*Bld.4, 29 Staromonetnyi per., Moscow 119017, Russian Federation,*

*\* <https://orcid.org/0000-0002-3483-3188>, e-mail: [a.shmatova@yandex.ru](mailto:a.shmatova@yandex.ru),*

*\*\* <https://orcid.org/0000-0001-5296-1725>, e-mail: [vasya.lobkov.98@mail.ru](mailto:vasya.lobkov.98@mail.ru).*

*Received 31.01.2024, Revised 06.03.2024, Accepted 21.08.2024*

**Abstract:** Kolguev Island (Barentz Sea, the subzone of typical tundra) was poorly soil surveyed until recently. During expeditionary research 2018–2023, it was revealed that a significant proportion of the soil cover is represented by soils that have horizons with a well-manifested structure, which were diagnosed as cryometamorphic ones. In this regard, the purpose of this work is to characterize the diversity and morphological features of tundra soils with a cryometamorphic horizon identified on the island. The cryometamorphic horizons most often had the specific angular-grainy structure with sharp edges or granular structure with rounded surfaces. The most typical size of aggregates is 1–3 mm; less common – up to 4 mm or less than 1 mm. In some cases, the structure was water-resistant and the soil aggregates had a denser, drier interior. A platy-grained structure with silty-sand coatings was less common. A key feature of the cryometamorphic Kolguev soils is lacking structure in the upper 5–10 cm of the profile. Such soils are the main component of the soil cover. The gleyic subtype of cryometamorphic soils and cryometamorphic gleezems are more often found as components of the soil cover micropatterns. Cryometamorphic soils with a morphologically pronounced spodic horizon were described in one of the central parts of the island. Based on the principles of Soil Classification of Russia, the following types of soils were identified: cryometamorphic, mucky-cryometamorphic, cryometamorphic gleezems; as well as soils, that were tentatively classified as a new type – cryometamorphic podburs and a new subtype – cryometamorphic peaty gleezems. Thus, the study of Kolguev soils showed that the cryometamorphic soils are distributed much extensive than previously assumed.

**Keywords:** cryometamorphic soils; cryogenic structure; soil classification; typical tundra.

## ВВЕДЕНИЕ

В тундровой зоне наряду с глеевыми почвами, криоземами и подбурами выделяются почвы с ярко выраженным процессом структурного метаморфизма. Диагностический горизонт этих почв – криометаморфический – имеет рассыпчатое сложение и выраженную структуру: угловато-крупитчатую или линзовидно-

слоистую, иногда ооидную или гранулированную (Тонконогов и др., 2006; Полевой определитель почв, 2008; Тонконогов, 2010). Генезис этой структуры связывают с криогенными процессами, которые также могут выражаться в сепарации гранулометрических фракций (Van Vliet- Lanoë, Fox, 2018; Русанова, Шахтарова, 2013).

Почвы с криометаморфическим горизонтом были описаны в зонах тайги, лесотундры и южных тундр (Тонконогов и др., 2004; Тонконогов, 2010; Русанова, Шахтарова, 2013; Ананко и др., 2022), а также арктических тундр (Горячкин, 2010). По сравнению с северной тайгой, для тундровой зоны характерен меньший размер структурных отдельностей: 1–3 мм (Тонконогов, 2010). Согласно карте почвенного районирования (Атлас Арктики, 1985), изученная нами территория – остров Колгуев – находится в подзоне типичных тундр, которая имеет ограниченное распространение в Европейской части Арктики и на своем протяжении различается по характеру, составу и возрасту рыхлых отложений. При этом регион остается малоизученным (Игнатенко, 1979). Единичные работы касаются севера Малоземельской тундры и отдельных районов Большеземельской тундры (Ливеровский, 1934; Русанова и др., 2004; Тонконогов и др., 2004) и Югорского полуострова (Горячкин, 2010). Таким образом, почвенный покров изучаемой территории является важным звеном в понимании почвенной зональности (Горячкин и др., 2008).

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на острове Колгуев, расположенном в юго-восточной части Баренцева моря, в 70–80 км от континента. Климат острова субарктический морской, с мягкими зимами и прохладным летом и с не столь значительными, как на материке, межсезонными колебаниями температуры. Многолетняя мерзлота в изученных районах прерывистая или сплошная. Мощность деятельного слоя на суглинках составляет около 1–2 м. Зональные растительные сообщества исследованных районов – редкоивовые кустарничково-моховые тундры (Лавриненко и др., 2016). По нашим наблюдениям, ерник (*Betula nana*) присутствует не на всей территории, а только ниже 100 м от у. м.

Колгуев сформировался в позднем плейстоцене и сложен рыхлыми отложениями в основном морского и ледникового генезиса (Журавлев и др., 2014). Внутренние районы острова отличаются густой сетью оврагов и ручьев. Возвышенная часть острова (более 80 м от у. м.), дополнительно характеризуется широким распространением термокарстовых западин. Почвообразующими породами на междуречьях служат рыхлые породы преимущественно суглинистого состава. Стоит отметить латеральную пестроту отложений и частую вертикальную литологическую неоднородность (Лобков, Шматова, 2022).

Представленные в настоящей статье материалы собраны на о. Колгуев в летние месяцы 2018, 2019 и 2021 гг. в центральной части острова (рис. 1А) и 2022–2023 гг. – в восточной части (рис. 1Б). Почвенные разрезы заложены в различных междуречных ландшафтах острова, в наиболее представительных участках. При выраженном микрорельефе использовались траншейные исследования: разрез закладывался так, чтобы передняя стенка охватывала по возможности все элементы (микровышения и микропонижения).

Криометаморфические горизонты диагностировались по наличию выраженной структуры. Высокая водонасыщенность горизонтов препятствует различению деталей объемной организации почвенной массы. Чтобы минимизировать влияние влажности образцы из стенки аккуратно вынимали и раскладывали на линованную бумагу для подсыхания и последующего описания и фотофиксации. В ряде случаев при высокой влажности горизонта непрочная структура нарушалась при физическом воздействии. В таком случае описание структуры вели по отпрепарированной почвенной стенке, что также позволяло зафиксировать неоднородность структур в профиле почвы.

При описании почвенной структуры в первую очередь ориентировались на терминологию классификации С.А. Захарова (Почвоведение, 1988; Розанов, 2004). Так, под зернистой структурой будем понимать агрегаты более или менее правильной формы с выраженными гранями и ребрами, напоминающими гречневую крупу. По всей видимости, “зернистая” структура по Захарову то

же, что и “угловато-крупитчатая” или “крупитчатая”, используемая в других работах при описании криогенной структуры (Тонконогов и др., 2006; Полевой определитель почв, 2008; Тонконогов, 2010; Горячкин, 2010). Название почв было дано в соответствии с принципами Классификации почв России (2004) по Полевому определителю почв (2008).

Физико-химические свойства почв определяли по стандартным методикам (Теория и практика..., 2006). Содержание органического углерода и азота определялось при помощи CHN-анализатора Vario Isotope cube фирмы Elementar методом поточной масс-спектрометрии после пиролиза пробы при температуре 1 500 °С.

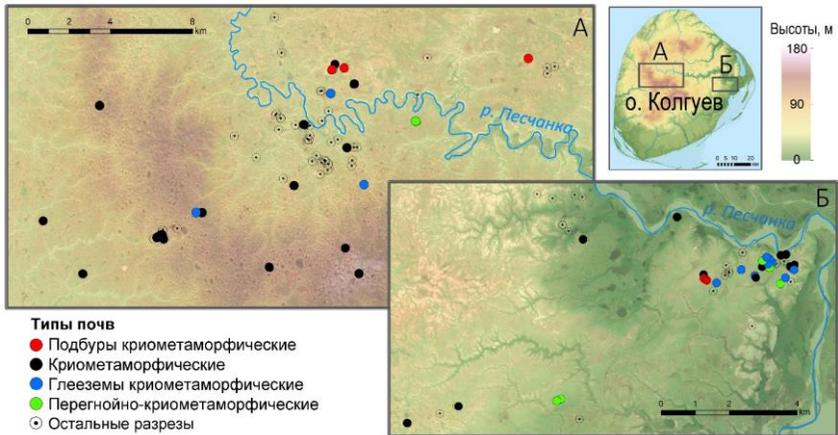
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На Колгуеве почвы с криометаморфическими горизонтами встречаются во всех обследованных районах острова (рис. 1). Они формируются на слабонаклонных (до 5°) поверхностях плакоров, на рыхлых отложениях любого гранулометрического состава, за исключением песков: были описаны на породах от легких глин до супесей (полевой метод определения).

Всего на Колгуеве были описаны следующие типы почв:

- 1) *Криометаморфические* (в том числе подтипы: грубогумусированные, глееватые, криотурбированные);
- 2) *Глееземы криометаморфические* (в том числе потечногумусовые, криотурбированные и торфянистые – последний подтип выделен впервые);
- 3) *Подбуры криометаморфические* (в том числе грубогумусированные, иллювиально-гумусовые, глееватые, криотурбированные) – данный тип почв выделен впервые;
- 4) *Перегноино-криометаморфические* (в том числе глееватые, мерзлотные, криогенно-ожелезненные).

Перечисленные типы существенно различаются как по морфологии почвенного профиля, так и по физико-химическим свойствам.



**Рис. 1.** Обследованные районы о. Колгуев (А, Б) и места описания почв с криометаморфическим горизонтом.

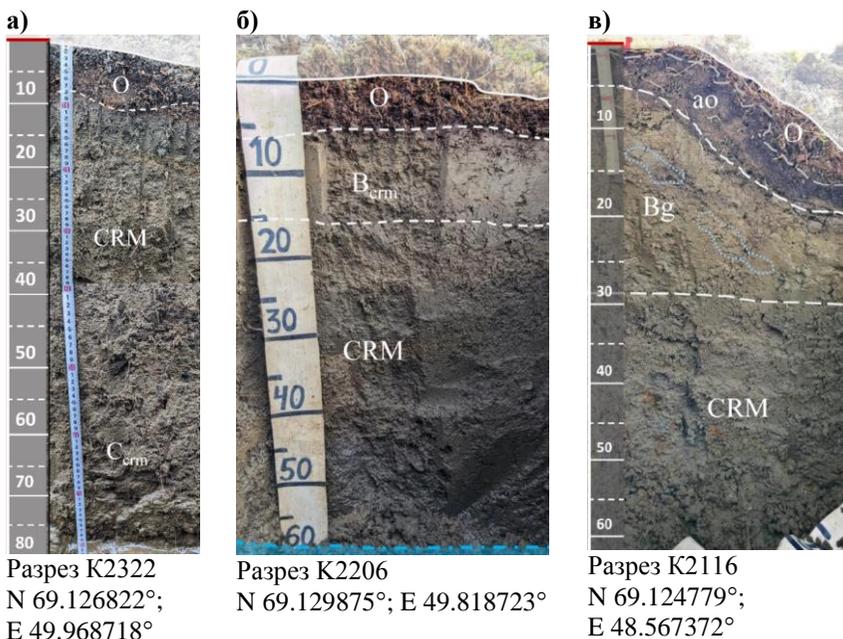
**Fig. 1.** Study areas of Kolguev Island (А, Б) and places where soils with a cryometamorphic horizon have been described.

*Собственно криометаморфические почвы*<sup>1</sup> (рис. 2) были описаны более чем в 20 разрезах и траншеях. В возвышенной части Колгуева (более 80 м от у. м.) это основной компонент почвенного покрова. Они формируются в кустарничково-моховых и мохово-лишайниковых тундрах. Мерзлота была вскрыта только в одном из разрезов на глубине 60 см 10 июля. Почвообразующими породами служат суглинисто-глинистые отложения, как правило, характерного серого цвета: от буровато-серого до темно-серого. Поэтому профиль многих почв имел темный тон, ослабевающий в верхних горизонтах.

Большинство описанных почв характеризуется потерей криогенной структуры или ослаблением ее выраженности в верхней части профиля (рис. 2б). При этом пятна оглеения наблюдались редко и были слабо различимы. Почвы, в которых выраженная структура наблюдалась во всем профиле, были описаны только

<sup>1</sup> Органо-криометаморфические – согласно Классификации почв (2004).

в 6 разрезах, расположенных на бровках или на выпуклых участках склонов (рис. 2а). Примечательно, что изменение характера структуры с глубиной может носить сложную закономерность, вероятно связанную с литологическими изменениями. Вариации зернистой, плитчатой и комковатой структуры сменяют друг друга без явной закономерности.



**Рис. 2.** Криометаморфические почвы: **а)** без потери структуры в верхней части профиля; **б)** наиболее типичная для Колгуева криометаморфическая почва – со слабо выраженной структурой в верхнем горизонте; **в)** криометаморфическая глееватая грубогумусированная почва бугорка.

**Fig. 2.** Cryometamorphic soils: **a)** soil without loss of structure in the upper part of the profile; **б)** the most typical for Kolguev cryometamorphic soil – with a lacking soil structure in the upper horizon; **в)** cryometamorphic gleyic raw-humic soil of a hummock.

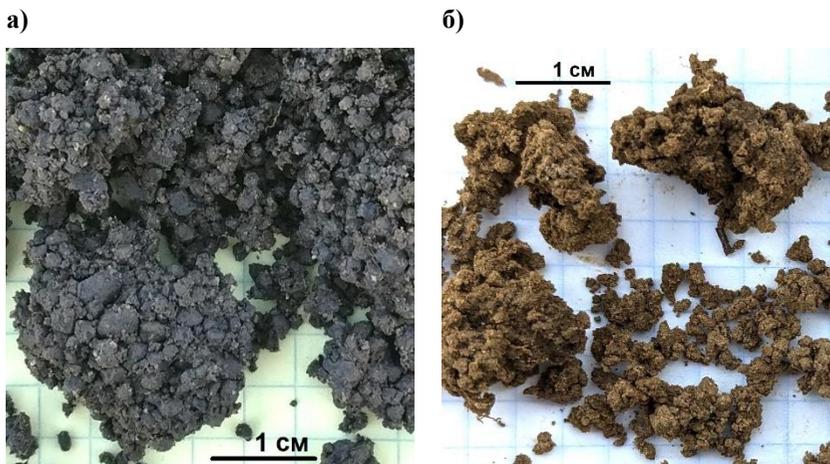
Во многих разрезах под подстильно-торфяным горизонтом на поверхности бесструктурной минеральной массы выделялся прослой более-менее оформленной комковатой (1–2 мм) структуры. Иногда его толщина не превышала 1 см, так что заметить прослой в стенке разреза было практически невозможно, только при снятии подстильно-торфяного горизонта, пронизанного корнями. В этом случае прослой состоял из хорошо оформленных округлых агрегатов. В других случаях при большей мощности и наличии грубого гумуса и неоднородно рассеянных органических остатков слой выделялся как грубогумусовый подгоризонт, и, соответственно, почва относилась к одноименному подтипу (рис. 2в). Подстильно-торфяной горизонт криометаморфических почв по мощности редко превышает 5 см.

Срединные горизонты имеют зернистую, либо икряную структуру (рис. 3), то есть грани и ребра агрегатов могут быть как выражены, так и сглажены. Иногда в горизонте сочетаются агрегаты обоих типов. Размер агрегатов может быть однородным, около 2–3 мм, либо разноразмерным: от менее 1 до 3 мм. Сложение горизонта компактное. В некоторых разрезах отмечалась водопрочность структуры (при естественном переувлажнении профиля) и/или кремнистая присыпка на гранях отдельностей после подсыхания. Скелетаны более характерны для структур с тенденцией к горизонтальной делимости. В некоторых разрезах на фоне зернисто-комковатых слабо оформленных агрегатов выделялись хорошо оформленные округлые отдельности. Большинство почв на момент описания находилось в переувлажненном состоянии.

Реакция среды вниз по профилю увеличивается от слабокислой в верхних горизонтах до нейтральной на глубине 35–50 см (глубина оттаивания, предположительно, не сильно превышает 1 м). Профиль слабо дифференцирован по содержанию полуторных оксидов (табл. 3).

Описание наиболее типичной почвы этого ряда.

**Разрез К1905** заложен на пологом (5°), чуть выпуклом склоне холма юго-западной экспозиции, на высоте 125 м н. у. м. (N 69.108408°; E 48.845955°). Рельеф – холмисто-западинная равнина, расчлененная эрозионными формами и многочисленными термокарстовыми озерами. Микрорельеф выровненный (относительные превышения до 5 см). В растительном покрове кустарники отсутствуют; общее проективное покрытие (ПП) кустарничков – менее 10%: доминанты *Vaccinium vitis-idaea*; пятна *Empetrum hermaphroditum* и *Arctous alpina*; присутствуют куртины злаков (ПП – 5–10%); мохово лишайниковый ярус сплошной, однако на повышениях мхи, как правило, отмершие, а по локальным понижениям меньше лишайников.



**Рис. 3.** Криогенная структура: а) икрная; б) зернисто-комковатая.

**Fig. 3.** Cryogenic structure: а) granular structure; б) grainy structure.

Морфологическое описание профиля почвы:

О – 0–1(5) см – влажный; очень темно-бурый; слабо-, среднеразложившиеся органические остатки; густые корни кустарнич-

ков до 4 мм в диаметре, среди них много отмерших. Граница волнистая, переход резкий.

Aa<sub>0</sub> – 1(5)–4(5) см, мощность до 5 см – рассыпчатое сложение; буровато-темно-серый, местами серовато-бурый; прочная икряная структура 1(2) мм; много корней. Переход ясный, граница волнистая.

B – 4(5)–10(19) см – влажный; буровато-серый, блеклый; структура неоднородная в разных частях: зернисто-плитчатая, ореховатая, творожистая, местами отсутствует; пор нет, корней мало (до 2 мм в диаметре). Переход постепенный.

CRM1 – (10)19–40 см – влажный; буровато-темно-серый (темнее B); зернистая 1(2) мм структура 1-го порядка, творожистая – 2-го. Включения темно-бурого песка в виде отдельных скоплений. Переход постепенный.

CRM2 – 40–55 см – мокрый; буровато-темно-серый; мелко-зернисто-ооидная структура 1-го порядка, творожистая – 2-го. Переход постепенный.

C<sub>сгг</sub>m – от 55 см – влажный; буровато-темно-серый; ореховато-плитчатая структура 1-го порядка, творожистая – 2-го. Единичные корни до 2 мм в диаметре.

Вся минеральная толща – тяжелый суглинок. Мерзлота не вскрыта.

Почва: *криометаморфическая грубогумусированная*.

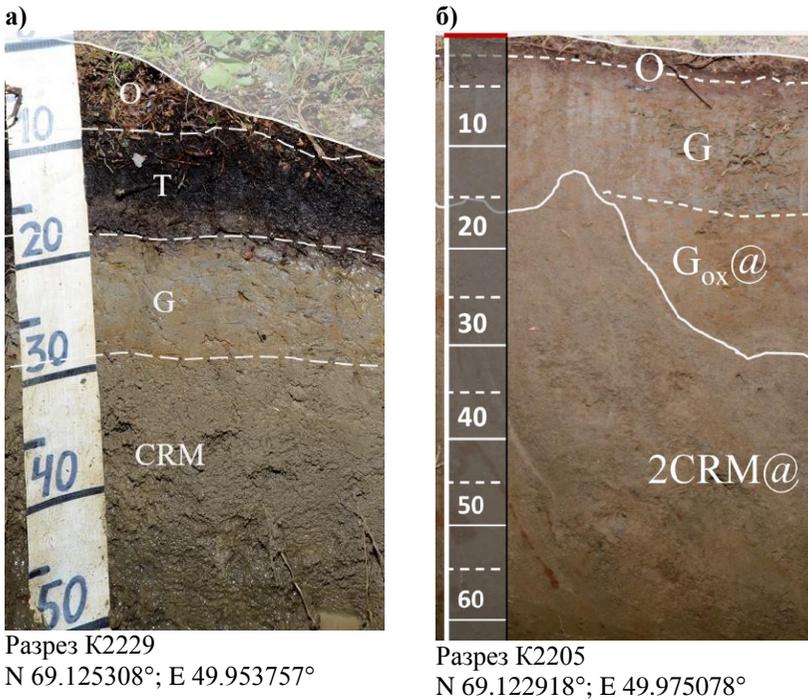
Глееватые подтипы криометаморфических почв были описаны только в составе микроструктур, преимущественно бугорковатых (рис. 2в). Пятна оглеения встречались только в верхней части профиля, для которой характерна слабая плитчатая структура, либо ее отсутствие. Этот горизонт, если исключить пятна глея, аналогичен по свойствам некоторым верхним горизонтам типичных криометаморфических почв Колгуева: бесструктурный, липкий, тиксотропный. В трех разрезах, отличавшихся сухостью профиля и преобладанием окисленных форм глея в верхнем горизонте B<sub>г</sub>, наблюдалась выраженная плитчатая структура этого горизонта.

**Глееземы криометаморфические** (рис. 4) диагностировались по наличию в верхней части профиля неоднородной окраски (сизых и ржавых пятен), занимающей более половины площади горизонта, при этом преобладание сизых тонов не было обязательным. Глееземы криометаморфические были выделены преимущественно в составе микроструктур почвенного покрова. Они были описаны в 8 траншеях на выположенных поверхностях, на легко- и среднесуглинистых и супесчаных отложениях (полевое определение) под тундровой растительностью с различной долей ивняков, кустарничков, трав и лишайников в сообществе. Мерзлота была вскрыта только в одной траншее – на глубине 70 см в июне, так что можно предположить, что все почвы этого типа в рассматриваемом регионе протаивают глубже 1 м.

Поскольку условия формирования этих почв различаются, то невозможно выделить наиболее характерный для Колгуева профиль глееземов криометаморфических. Часть почв имеет сизоватую с ржавыми пятнами окраску всего горизонта, другие – только пятна оглеения на грязно-буром фоне, что их роднит с глееватыми подтипами криометаморфических почв. Глееземы также различаются по свойствам глеевого горизонта: для профилей, находящихся в более дренированных условиях, характерна плитчатая структура, а в переувлажненных разрезах глеевый горизонт бесструктурный. В некоторых разрезах наблюдаются признаки потечной миграции гумуса, что дает основания выделять потечногумусовый подтип.

Довольно четко на две равные группы глееземы криометаморфические разделяются по мощности подстилочно-торфяного горизонта: в части профилей горизонт менее 5 см, слабо- и средне-разложившийся, черный или бурый (рис. 4б); у других – мощный, около 7–10 см, черный, пронизанный густыми корнями, плотный и, как правило, не мажущийся, слабо-разложившийся (рис. 4а). Последние предварительно выделены как новый отдельный подтип: *торфянистые*, так как переходных форм с глееземами криометаморфическими типичными не наблюдается, и процесс аккумуляции органического вещества в этих почвах развит значительно сильнее. Выделение же нового типа торфяно-глееземов криомета-

морфических, в которых в равной степени сочетаются признаки торфяно-аккумулятивного, глеевого и структурно-метаморфического процессов, нам кажется преждевременным. Помимо упомянутых отличий в свойствах органического горизонта, для торфянистого подтипа глееземов криометаморфических характерна водопропускная структура в горизонте CRM



Разрез K2229  
N 69.125308°; E 49.953757°

Разрез K2205  
N 69.122918°; E 49.975078°

**Рис. 4.** Глееземы криометаморфические а) торфянистый; б) криотурбированный.

**Fig. 4.** Cryometamorphic gleezems: а) peaty; б) cryoturbated.

**Разрез K2229** (рис. 4а) заложен на пологом склоне (2°) юго-восточной экспозиции, на высоте 25 м н. у. м. N 69.125308°; E 49.953757°. Микрорельеф – пологие бугорки. Растительность:

кустарничково-моховая тундра. На бугорках: *Salix lanata* не превышает по высоте 20 см (ПП 30%); обильно – *Vaccinium uliginosum*; меньше – *Betula nana* (на большинстве бугорков); рассеяно – *Rubus chamaemorus* и *Vaccinium vitis-idaea*. На бугорках и в мочажинах – проективное покрытие травяного яруса менее 5%, представленного в основном осокой. Моховый ярус сплошной. На бугорках могут присутствовать лишайники. Между бугорками встречаются мочажины, занятые гидрофильными мхами.

Морфологическое описание профиля почвы:

O – (+7)–0 см – рыхлый, бурый, слабо разложившиеся органические остатки: очес мхов и листья кустарников.

T – 0–9 см – уплотненный, сырой, темно-бурый до черного, не мажется, сероватые минеральные прослои.

G – 9–20(22) см – мокрый; окраска неоднородная: серовато-буроватый фон и со светло-сизоватыми и светло-рыжеватыми пятнами; структура непрочная творожистая.

CRM – 20(22)– >50 см – мокрый, буро-серый, структура комковатая 1.5–2 мм (границы не выражены из-за влажности), центральная часть агрегатов плотнее, суше.

Вся минеральная толща – средний к тяжелому суглинок, уплотненный, умеренно липкий.

Почва: *глеезем криометаморфический торфянистый*.

**Разрез K2205** (рис. 4б) заложен в верхней части пологого слабовыпуклого склона (1°) северо-западной экспозиции, на высоте 30 м н. у. м., N 69.122918°; E 49.975078°. Микрорельеф бугорковатый; высота бугорков 20–30 см при длине 80–150 см, занимаемая ими площадь – 50%; встречаются округлые и вытянутые бугорки. Растительность: редкоивовая кустарничковая травяно-мохово-лишайниковая тундра. Отдельные кусты *Salix lanata* не превышают 40 см в высоту; ПП кустарничков – до 70%, трав – до 20%; мохово-лишайниковый ярус сплошной, но на бугорках мхи заметно угнетены, лишайники отсутствуют в мочажине, на бугорках их ПП достигает 90%.

Морфологическое описание профиля почвы:

О – 0–1 см – свежий; почти черный; слабо-, среднеразложившееся органическое вещество с примесью минеральной части (песка, ила). Переход резкий, граница ровная.

G – 1–9(30) см – влажноватый, мраморовидная окраска: сизо-серые пятна (преобладают до 7(15) см) и рыжевато-ржавые пятна (преобладают от 15 до 30 см – G<sub>ox</sub>); неоднородный гранулометрический состав: от супеси до легкого суглинка; плитчатая, постшлировая структура, местами скелетаны по граням (шлирам); корней много до 10 см, ниже – мало. Переход резкий (возможно, литологическая граница), граница карманная (шаг 0.5 м – 1 м).

CRM@ – 9(30) – >70 см – чуть влажнее, серовато-светло-бурый, опесчаненный легкий суглинок; зернисто-комковатая структура с тенденцией к горизонтальной делимости, агрегаты от 1 до 3 мм размером (преобладают 2 мм), часто округлые, к низу горизонта шлировость заметнее; сильная опесчаненность, особенно в нижней части – до супеси; редкие корни. Включения: сланец, похожий на уголь. Деформированный прослой: рыже-бурый мелкий песок, ожелезненный. Также присутствует коричневый прослой, пропитанный органическим веществом.

Во всем профиле встречаются камни до 3 см диаметром, иногда выветрелые, рыжие. Сезонная мерзлота на 70 см (24 июня), над мерзлотой – горизонт сырой, тиксотропный.

Почва: *глеезем криометаморфический криотурбированный*.

**“Подбуры криометаморфические”** (рис. 5) – так, основываясь на принципах Классификации почв России, нами был назван новый тип почв, в профиле которых сочетается альфегумусовый и криометаморфический горизонты, а признаки оподзоливания отсутствуют. Подбуры криометаморфические первоначально были описаны на Колгуеве в трех разрезах на высотах 65–75 м на опесчаненных суглинках, в центральной части острова на левом берегу р. Песчанка, где они являются, по всей видимости, основным типом плакорных поверхностей. Растительность этого ландшафта: мохово-лишайниковые тундры с высокой долей злаков и осок в растительном покрове и мелко-бугорковатым микрорельефом (бу-

горки размером 30–50 см в длину и до 15 см высотой). Мерзлота не была вскрыта ни в одном из разрезов.

Почвы отличаются наличием в верхней части профиля бурокоричневого горизонта, обогащенного оксалаторастворимым железом и алюминием (табл. 3). Профиль имеет унаследованный от пород светлый теплый тон окраски и гранулометрический состав от тяжелых до легких суглинков (табл. 2). Выраженная криогенная структура характерна для всего профиля, в верхней части с тенденцией к плиткам, а ниже становится крупнее, увеличивается обилие скелетан. Бугорки сложены минеральной массой, обогащенной грубым органическим веществом, так что здесь можно выделить грубогумусированный подтип. Для верхних минеральных горизонтов характерна сильноокислая и кислая реакция среды (4.5–5.5), а на глубине 60 см она может повышаться до нейтральной (табл. 3).

Приведем описание одного из разрезов.

**Разрез K1811** (рис. 5а) заложен на слабовыпуклой поверхности водораздела, на высоте 69 м н. у. м. (N 69.195524°; E 48.929120°). Микрорельеф ровный с отдельными бугорками высотой 10–20 см, доля бугорков <30%. В растительном покрове кустарники отсутствуют; кустарнички присутствуют редкими пятнами (ПП 5%): *Empetrum hermaphroditum*, *Arctous alpina*, *Betula nana*; травянистый покров разреженный (ПП 5%), представлен в основном редкими куртинами злаков.

Морфологическое описание профиля почвы:

Оао – мощность от 7 см на бугорке до 1 см на выровненной поверхности – рыхлый; мягкий; свежий; красновато-темно-бурый; легкий суглинок; мелкокомковатый (<1 см), объединяется в непрочные крупнокомковатые агрегаты; крупные поры; корней много, до 5 мм в диаметре. Переход заметный, граница волнистая.

ВНФ – +3(1)–22 см (мощность 32–21 см) – уплотненный, рассыпчатый; свежий; бурый с серым оттенком, встречаются более темные (буроватые) и светлые субгоризонтальные прослойки; легкий суглинок, слабая глыбисто-комковатая структура 1-го порядка,

прочная плитчато-комковатая структура 2-го порядка. Переход постепенный по наличию скелетан, цвету.

CRM1 – 22–29 см (7 см мощность) – свежий; охристо-светло-бурый; опесчаненный легкий суглинок; слабая глыбистая структура 1-го порядка с тенденцией к горизонтальной делимости, прочная комковатая структура 2-го порядка, скелетаны по граням тонкие, не отбеленные.

CRM2 – 29–45 см (мощность 16 см) – свежий; более серый и темнее, со светлыми контрастными обильными скелетанами; опесчаненный легкий суглинок; слабая глыбистая структура 1-го порядка, прочная зернисто-ореховатая структура 2-го порядка; корней мало, тонких. Переход постепенный по структуре.

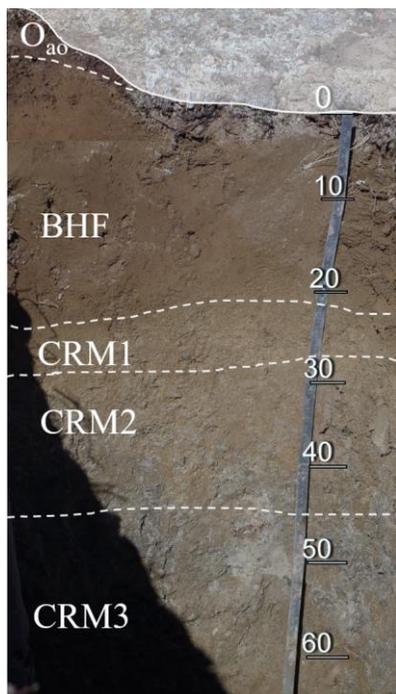
CRM3 – от 45 см (мощность более 20 см) – свежий; серовато-темно-бурый с обильной кремнистой присыпкой, местами окрашенной Fe; опесчаненный легкий суглинок; мелко-глыбистая структура 1-го порядка с тенденцией к горизонтальной делимости, непрочная ореховатая структура 2-го порядка. С глубиной увеличивается ожелезненность песка (на 65 см практически весь ожелезнен).

Во всем профиле встречаются камни до 15 см в диаметре, преимущественно окатанные, иногда расколотые.

Почва: *подбур криометаморфический грубогумусированный*.

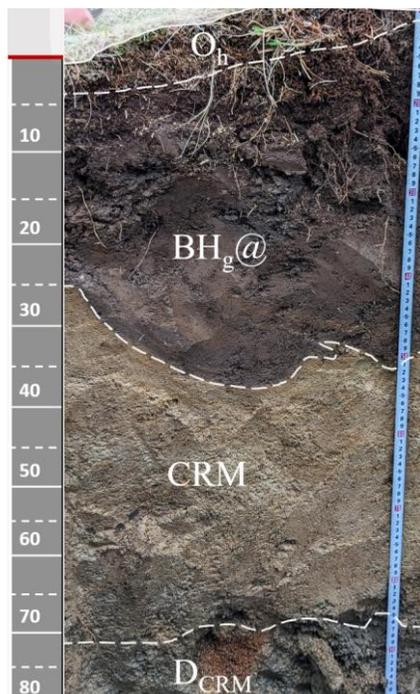
Подбуры криометаморфические аналогичны описанным Тонконоговым (2010) криометаморфическим почвам, в которых также в верхней части профиля наблюдается более темная окраска. Кроме того, автор высказывает предположение, что генезис почвенной структуры в этой части профиля связан с иллювинованием соединений железа и органического вещества. То есть этот горизонт можно также выделить и как альфегумусовый (ВНФ), а почвы, соответственно, отнести к подбурам криометаморфическим. Процессы иллювиальной аккумуляции полуторных оксидов в верхнем горизонте (без выделения подзолистого) описаны в криометаморфических почвах юго-востока Большеземельской тундры в работе Русановой и Шахтаровой (2013), где перераспределение  $R_2O_3$  связано, в частности, со скелетанами.

а)



Разрез K1811  
N 69.195524°; E 48.929120°

б)



Разрез K2318  
N 69.120656°; E 49.908984°

**Рис. 5.** Подбуры криометаморфические: **а)** грубогумусированный; **б)** иллювиально-гумусовый глееватый криотурбированный.

**Fig. 5.** Cryometamorphic podburs: **a)** raw-humus; **б)** illuvial-humus, gleyic cryoturbated.

Позднее в восточной части Колгуева под мохово-лишайниковой растительностью и бугорковатым микрорельефом нами был описан в двух разрезах иллювиально-гумусовый глееватый криотурбированный подтип подбуров криометаморфических (рис. 5б). Он отличается темно-бурым горизонтом ВН неоднородной окраски с пятнами оглеения и с неровной нижней границей.

**Перегноино-криометаморфические** (рис. 6) почвы были описаны в 4 траншеях в составе микроструктур и в 4 разрезах, расположенных на пологих склонах, сложенных суглинистыми отложениями, преимущественно в ивняково-моховых, но также и кустарничковых тундрах. Мерзлота была вскрыта в трех разрезах в пределах 50 см (в июле).

Перегноино-криометаморфические почвы характеризуются наличием в верхней части профиля горизонта хорошо разложеного мажущегося органического материала мощностью от 10 до 20 см. Сразу под перегноинным горизонтом выделялся горизонт с выраженной зернисто-комковатой структурой, как правило, водопрочной. В случае, если в верхней части профиля присутствовали сизоватые пятна, такие почвы были отнесены к глееватому подтипу.

**Разрез K2223** (рис. 6б) заложен в верхней части пологого склона (2–3°) юго-восточной экспозиции, на высоте 32 м н. у. м. N 69.088072°; E 49.804175°. Микрорельеф бугорковато-волнистый. Растительность: кустарничково-травяно-моховое сообщество. Доминирует *Salix myrsinites* (ПП 50–60%); в кустарничковом ярусе присутствует *Salix reticulata*.

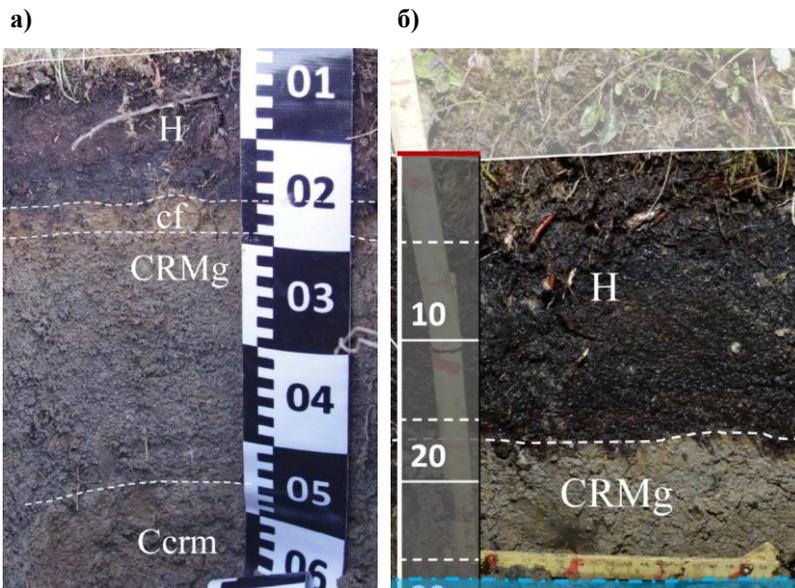
Морфологическое описание профиля почвы:

H – мощностью 15–30 см – влажный; хорошо разложненное органическое вещество; очень темно-бурый до черного; густые корни. Граница ровная, резкая.

CRMg – мощность от 10 см – уплотненный; сырой; буровато-грязно-серый с сизоватыми и ожелезненными рыжими пятнами; тяжелый суглинок; округло-комковатая структура, округлые фрагменты более плотные и сухие при общей высокой влажности, при разминании становятся липкими.

Мерзлота на глубине 30 см (9 июля).

Почва: *перегноино-криометаморфическая глееватая мерзлотная*.



Разрез K1816

N 69.173441°; E 49.019426°

Разрез K2223

N 69.088061°; E 49.804225°

**Рис. 6.** Перегнойно-криометаморфические почвы: а) глееватая криогенно-ожезленная; б) глееватая мерзлотная.

**Fig. 6.** Mucky-cryometamorphic soils: а) gleyic cryogenic ferruginous; б) gleyic cryic.

Описанные почвы можно расположить в матрице экологических условий, в которых они были описаны (табл. 1). Разделение по породным признакам основывается на полевых описаниях и более детальное разделение не представляется возможным в следствие пестроты и слабой изученности отложений. Из полученной таблицы видно, что экологические ниши многих типов почв пересекаются. В частности, перегнойно-криометаморфические почвы (в таблице 1 обозначены “ПК”) и глееземы криометаморфические торфянистые (“ГКт”) могут обнаруживаться в одинаковых условиях. Развитие того или иного типа почв может быть обусловлено разной предысторией эволюции ландшафта. Например, формиро-

вание органогенных горизонтов (торфяного, перегнойного) напрямую связано с динамикой растительного покрова и степени увлажнения.

Поскольку в изученных почвах не наблюдается признаков педогенной элювиально-иллювиальной дифференциации профиля по гранулометрическому составу, то можно считать распределение фракций по профилю унаследованным от почвообразующих пород (если пренебречь криогенным выветриванием). В таблице 2 можно видеть разные варианты распределений, которые выявляют разнообразие почвообразующих пород и их внутрипрофильную неоднородность. Какой бы то ни было корреляции с генетическими типами почв и при этом установить невозможно. Стоит отметить, что для пород, на которых сформированы подбурсы криометаморфические, не характерно более высокое содержание песчаных фракций, что не подтверждает предложенного в таблице 2 выделения “опесчаненных суглинков”. Это противоречие может быть объяснено предположением, что отличительной чертой отложений может быть не валовое соотношение фракций, а наследуемая, например, текстура и сложение.

Свойствами пород, вероятно, определяется кислотность профиля. Однако низкие значения pH, характерные для подбуров криометаморфических, могут быть связаны и с почвообразовательными процессами.

Распределение железа и алюминия в профилях почв в целом подчиняется процессам, приводящим к аккумуляции полуторных оксидов: иллювиальному и криогенному ожелезнения.

В исследованных почвах в подстилочно-торфяных горизонтах содержание органического углерода коррелирует с данными потери при прокаливании (ППП, табл. 3). Соотношение C : N в верхних горизонтах составляет 15–20, и в трех из пяти разрезов снижается с глубиной до 10–15 (на 50 см).

На исследованной территории впервые описаны криометаморфические почвы с потерей или уменьшением выраженности структуры в верхнем горизонте и при этом с отсутствием каких-либо признаков оглеения (описания были выполнены в сухие и влажные годы, в разных ландшафтах).

**Таблица 1.** Расположение почв с криометаморфическим горизонтом в факторно-экологической матрице

**Table 1.** Location of soils with the cryometamorphic horizon in the factor-ecological matrix

Дренажированность		Дренажированные по- зиции		Умеренно- дренажирован- ные позиции	С избыточ- ным увлаж- нением
Рельеф		Бровки	Выпуклые вершины холмов, выпуклые склоны	Плоские вер- шины холмов, пологие ров- ные склоны	Нижние ча- сти пологих склонов, ложбины на ровных скло- нах
Уклон		0-5°		0-2°	
Растительность		Мохово- лишайнико- вые тундры		Кустарничко- во-моховые тундры	Кустарничко- вые тундры <i>Доля ив &gt; 50%</i>
Почвообразующие породы	серые и бурые суглинки	К	K <sub>свс</sub>		
			[КГ]		
			[ПК]	ПК	
				ГКт	[ГКт]
				[ГК]	
	опесчанен- ные суглинки и супеси		[К]		
			ГК		
		ПБк			

**Примечание.** **К**– криометаморфические без потери структуры в верхней части профиля; **K<sub>свс</sub>** – криометаморфические со слабо выраженной структурой в верхней части профиля; **КГ** – криометаморфические глееватые; **ГК** – глееземы криометаморфические; **ГКт** – глееземы криометаморфические торфянистые; **ПБк** – подбуры криометаморфические; **ПК** – перегнойно-криометаморфические; **□** – почва только в составе комплекса.

**Note.** **K** – cryometamorphic soils without loss of structure in the upper part of the profile; **K<sub>свс</sub>** – cryometamorphic soils with a lacking soil structure in the

upper part of the profile; **Кг** – cryometamorphic gleyic soils; **ГК** – cryometamorphic gleezems; **ГКт** – cryometamorphic peaty gleezems; **ПБк** – cryometamorphic podburs; **ПК** – mucky-cryometamorphic soils; **[]** – soil only as a part of the complex.

**Таблица 2.** Гранулометрический состав почв

**Table 2.** Particle-size distribution data

Гори- зонт	Глубина, см	Содержание фракций, %; размер частиц мм						
		1– 0.25	0.25– 0.05	0.05– 0.01	0.01– 0.005	0.005– 0.001	<0.001	<0.01 мм
<b>Разр. К1905 Криометаморфическая</b>								
В	5–19	2.87	26.7	20.78	7.65	19.06	22.94	49.65
CRM1	19–40	3.61	28.76	15.74	5.43	12.54	33.92	51.89
CRM2	40–55	2.96	22.31	17.06	9.11	13.03	35.53	57.67
<b>Разр. К1908 Криометаморфическая</b>								
Оао	+10–0	10.78	55.79	15.01	3.46	4.81	10.15	18.42
В	0–10	10.01	55.19	13.03	2.72	4.96	14.09	21.77
Всrm	10–20	5.77	50.69	14.81	2.6	7.78	18.35	28.73
BC	20–35	5.11	40.95	16.34	4.49	7.56	25.01	37.06
С	35–55	3.8	31.64	18.2	6.36	11.68	28.32	46.36
<b>Разр. К1901 Глеезем криометаморфический торфянистый</b>								
G	10–17	1.51	7.16	15.55	6	14.35	55.43	75.78
CRM	17–35	2.62	33.68	18.37	5.55	9.78	30	45.33
<b>Разр. К1811 Подбур криометаморфический</b>								
BHF	+3–22	9.69	40.61	17.68	3.43	9.44	19.15	32.00
CRM1	22–30	8.45	41.93	15.89	4.37	8.33	21.03	33.70
CRM2	30–45	9.12	48.73	13.42	2	7.55	19.18	28.70
CRM3	45–65	15.67	55.98	7.11	3.53	2.85	14.86	21.20
<b>Разр. К1909 Подбур криометаморфический</b>								
Оао	+15–0	6.4	22.67	30.05	6.26	13.93	20.69	40.88
BHF	0–15	3.06	30.56	23.87	6.89	16.16	19.46	42.51
BF	15–20	3.32	31.45	19.5	6.45	12.01	27.27	45.73
CRM	20–40	3.5	32.08	19.77	7.23	8.94	28.48	44.65
CRMg	40–60	3.35	31.18	19.16	5.4	9.27	31.64	46.31

**Таблица 3.** Физико-химические свойства почв

**Table 3.** Physicochemical properties of studied soils

Горизонт	Глубина, см	ППП, %	C <sub>орг</sub>	N <sub>общ</sub>	рН		Fe-d по Джексону, %	Fe-o	Al-o	ЕС, мСм/см
			%		водн.	КС				
<b>Разр. К1905 Криометаморфическая</b>										
О	0–5	62.5	26.48	1.38	6.2	5.7				
В	5–19		1.09	0.07	6.4	5.5	1.19	0.46	0.16	0.053
CRM1	19–40		0.63	0.04	7.0	6.2	1.41	0.55	0.07	0.060
CRM2	40–55		0.76	0.04	7.4	7.1	1.24	0.52	0.10	0.050
<b>Разр. К1908 Криометаморфическая</b>										
О <sub>ао</sub>	+10–0	10.9	3.96	0.2	5.3	3.8	0.38	0.20	0.19	
В	0–10		1.13	0.07	5.9	4.0	0.99	0.37	0.27	0.036
В <sub>сrm</sub>	10–20		0.46	0.03	6.3	4.0	1.54	0.39	0.24	0.036
BC	20–35		0.26	0.02	6.8	4.0	1.44	0.26	0.15	0.041
С	35–55		0.31	0.03	7.2	4.5	1.76	0.27	0.13	0.049
<b>Разр. К1901 Глезем криометаморфический торфянистый</b>										
О	0–10	59.3	26.24	1.49	6.3	5.7				
Gcf	10–17		4.28	0.29	6.1	5.4	2.76	1.21	0.22	0.072
CRM	17–35		0.71	0.03	7.0	6.0	1.46	0.41	0.06	0.061
<b>Разр. К1811 Подбур криометаморфический</b>										
О <sub>ао</sub>	+10–+3		4.01	0.24	4.0	3.4				
BHF	+3–22		1.45	0.07	4.5	3.6	1.60	0.62	0.41	0.026
CRM1	22–30		0.45	0.04	5.1	3.7	1.51	0.32	0.21	0.028
CRM2	30–45		0.26	0.02	5.4	3.8	1.02	0.18	0.10	0.019
CRM3	45–65		0.31	0.02	5.5	3.9	1.02	0.20	0.14	0.019
<b>Разр. К1909 Подбур криометаморфический</b>										
О <sub>ао</sub>	+15–0	23.6	8.34	0.53	5.0	3.6	1.97	0.79	0.42	
BHF	0–15		2.27	0.16	5.5	3.9	1.77	0.89	0.47	
BF	15–20		1.13	0.08	5.9	3.9	2.22	0.91	0.52	
CRM	20–40		0.39	0.03	6.3	3.9	1.91	0.35	0.29	
CRMg	40–60		0.33	0.03	6.6	4.1	1.88	0.25	0.20	

Причина слабой выраженности структуры остается не ясна. Базово можно выдвинуть две версии: она разрушается, либо, наоборот, находится в начальной стадии формирования. Можно предположить, что разрушение структуры связано с более ранними стадиями оглеения. На это указывает наличие переходных вариантов и морфологическая схожесть данных почв с глееватыми подтипами. Однако при этом встает вопрос о механизме участия оглеения в разрушении структуры.

Предполагается, что криогенная структура является дальнейшей стадией трансформации шлировой текстуры под действием циклов промерзания и оттаивания (Полевой определитель почв, 2008; Van Vliet- Lanoë, Fox, 2018). Однако, далеко не во всех описанных криометаморфических горизонтах наблюдаются признаки горизонтальной делимости. Таким образом, стоит предположить существование нескольких механизмов формирования структуры в тундровых почвах: либо разных криогенных, либо каких-то еще, кроме криогенного. Бесспорным остается факт, что заметно большее, чем предполагалось, количество тундровых почв имеют горизонты, обладающие выраженной структурой.

Полученные данные подтверждают, что в подзоне типичной тундры, криометаморфические почвы можно считать “зональными” наряду с другими типично-тундровыми почвами, что подтверждает представления о зональности (Горячкин и др., 2008; Горячкин, 2010). При достаточно большом охвате изученной территории на ней не выявлены криометаморфические почвы с подзолистым горизонтом – светлоземы. Это подтверждает, что их ареал не заходит в подзону типичных тундр.

В районах южной тундры и лесотундры широко распространены глееземы криометаморфические (Пастухов, 2008; Пастухов Забоева, 2010; Русанова, Шахтарова, 2012). На Колгуеве они встречаются более ограничено, в основном в составе микроструктур, соответственно, их нельзя считать полноценными “зональными” почвами. Их малое участие может быть связано как с климатическими, так и с литогенными причинами (Горячкин и др., 2008).

Особенность распространенных на Колгуеве криометаморфических почв – потеря структуры в верхнем горизонте – может

быть следствием их переходного положения между криометаморфическими почвами и глееземами криометаморфическими в географическом аспекте или эволюционном.

Особый интерес представляют подбуры криометаморфические. Как уже было отмечено, признаки иллювиирования железа и гумуса наблюдались и в других криометаморфических почвах (Тонконогов, 2010; Русанова, Шахтарова, 2013). Можно предположить, что развитию процесса альфегумусовой дифференциации способствует криогенная сепарация гранулометрических фракций, улучшающая возможность вертикальной миграции растворов. То есть развитие альфегумусового процесса в этих почвах возможно благодаря криогенезу, а значит, имеет свою зонально-климатическую приуроченность.

Характерная размерность почвенных агрегатов в криометаморфических горизонтах почв, описанных на Колгуеве, в основном укладывается в диапазон до 3 мм. Это соотносится с отмеченным в работе Тонконогова (2010) уменьшением структуры по мере продвижения на север. Однако в Полевом определителе почв (2008) размер криогенной структуры определен как 3–10 мм, в связи с чем видится необходимость скорректировать представления о криогенной структуре.

Описанные почвы, в которых криометаморфический горизонт сочетается с признаками оглеения, образуют единый ряд, в котором в верхнем горизонте постепенно нарастают признаки оглеения. Однако площадь сизых пятен (более или менее половины площади) может перенести почву в другой отдел: из криометаморфических в глеевые, что кажется не совсем корректным. На наш взгляд, представляется более логичным поместить глееземы криометаморфические в отдел криометаморфических почв.

Классификация почв предполагает довольно грубое разделение органических горизонтов на подстильно-торфяный (О), торфяный (Т) и перегнойный (Н). При этом для тундровой зоны, где торфонакопление замедленно, а аккумуляция и трансформация органического вещества имеет свою специфику, такого разделения недостаточно. Таким образом, как мы видим на примере описанных глееземов криометаморфических, важным граничным значе-

нием является 5 см мощности горизонта. Большинство автоморфных почв Колгуева имеют подстильно-торфяной горизонт именно такой мощности. При мощности более 5 см подстильно-торфяной горизонт по свойствам больше похож на торфяной: плотный, темный, мокрый.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Авторами исследовано несколько районов Колгуева и выявлено, что в них распространены почвы с криометаморфическим горизонтом. При этом они встречаются на мелкоземистых породах практически любого гранулометрического состава, за исключением песков.

Наиболее широко представлен в почвенном покрове тип собственно криометаморфических почв. Они отличаются потерей структуры в верхнем горизонте. Глеевые подтипы криометаморфических почв, а также глееземы криометаморфические на изученных территориях встречались ограничено. Первые – только в составе микроструктур. Среди последних выделяется группа глееземов криометаморфических торфянистых с торфяным горизонтом мощностью около 10 см. В нескольких разрезах на востоке острова нами были описаны перегнойно-криометаморфические почвы. В центральной части острова автоморфные позиции плакоров занимают почвы с ярко выраженным альфегумусовым горизонтом, которые были нами выделены в новый тип подбуров криометаморфических. Выявленное разнообразие почв уточняет ареалы их распространения и дает материал для уточнения представлений о географии почвенных процессов.

В некоторых разрезах нами были описаны переувлажненные криометаморфические почвы с водопрочной структурой, которая также характеризовалась более плотной и сухой внутриведной массой. Последнее может быть следствием сепарации гранулометрических фракций. Было установлено, что криогенная структура в почвах может различаться по наличию постшлировой текстуры, степени округлости агрегатов, однородности, наличию скелетан, водопрочности. Следовательно, описание структуры необходимо давать наиболее подробное, так как она может нести информацию

о еще не выявленных закономерностях и процессах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ананко Т.В., Герасимова М.И., Савицкая Н.В.* Таежные глеево-дифференцированные почвы на почвенной карте РСФСР масштаба 1 : 2.5 млн в системе классификации почв России 2004 г. // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2022. Вып. 113. С. 5–30. DOI: [10.19047/0136-1694-2022-113-5-30](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2022-113-5-30).
2. Атлас Арктики. М.: ГУГК, 1985. 204 с.
3. *Горячкин С.В.* Почвенный покров севера (структура, генезис, экология, эволюция). М.: ГЕОС, 2010. 414 с.
4. *Горячкин С.В., Водяницкий Ю.Н., Конюшков Д.Е., Лесовая С.Н., Мергелов Н.С., Титова А.А.* Биоклиматические и геогенные проблемы географии почв северной Евразии // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2008. № 62. С. 48–68.
5. *Журавлев В.А., Кораго Е.А., Костин Д.А., и др.* Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Северо-Карско-Баренцевоморская. Лист R-39, 40 – о. Колгуев – прол. Карские Ворота. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014. 405 с.
6. *Игнатенко И.В.* Почвы восточно-европейской тундры и лесотундры. М.: Наука, 1979. 280 с.
7. Классификация и диагностика почв России / *Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова*. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
8. Почвоведение / Под ред. *В.А. Ковды, Б.Г. Розанова*. Ч. 1. Почва и почвообразование / *Г.Д. Белицина, В.Д. Васильевская, Л.А. Гришина и др.* М.: Высш. шк., 1988. 400 с.
9. *Лавриненко О.В., Матвеева Н.В., Лавриненко И.А.* Предварительные итоги классификации растительности восточноевропейских тундр и новый класс для зональных местообитаний // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2016. № 143. С. 95–105.
10. *Ливеровский Ю.А.* Почвы тундр Северного Края. Л.: Изд-во АН СССР, 1934. 112 с.
11. *Лобков В.А., Шматова А.Г.* Литолого-геоморфологические закономерности дифференциации почвенного покрова восточной части острова Колгуев // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2022. Вып. 9. С. 160–166. DOI: [10.24412/2687-1092-2022-9-160-166](https://doi.org/10.24412/2687-1092-2022-9-160-166).

12. *Пастухов А.В.* О генезисе и классификационном положении автоморфных почв на покровных суглинках в микроэкотоне тундра-лесотундра // Вестник Санкт-петербургского университета. 2008. Сер. 3. № 3. С. 117–126.
13. *Пастухов А.В., Забоева И.В.* Почвы экотона лесотундры // Вестник ИБ. 2010. № 2. С. 5–10.
14. Полевой определитель почв. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
15. *Розанов Б.Г.* Морфология почв. М.: Изд-во МГУ, 1983. 320 с.
16. *Русанова Г.В., Денева С.В., Канев В.В.* Почвы северо-запада Большеземельской тундры (бассейн р. Ортины) // Почвоведение. 2004. № 7. С. 792–803.
17. *Русанова Г.В., Шахтарова О.В.* Структурная организация и профильная дифференциация веществ в автоморфных почвах юго-востока Большеземельской тундры // Вестник Томского университета. Биология. 2012. № 3(19). С. 18–32.
18. *Русанова Г.В., Шахтарова О.В.* Особенности автоморфного почвообразования в ландшафтах Большеземельской тундры // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2013. № 3(15). С. 27–34.
19. Теория и практика химического анализа почв / Под ред. *Л.А. Воробьевой*. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
20. *Тонконогов В.Д., Горячкин С.В., Пастухов А.В.* Основные типы профилей тундровых суглинистых почв европейского северо-востока // Материалы IV Съезда Докучаевского общества почвоведов. “Почвы – национальное достояние России”. Новосибирск: “Наука-Центр”, 2004. Кн. 2. 223 с.
21. *Тонконогов В.Д., Пастухов А.В., Забоева И.В.* О генезисе и классификационном положении автоморфных почв на покровных суглинках северной тайги Европы // Почвоведение. 2006. № 1. С. 29–36.
22. *Тонконогов В.Д.* Автоморфное почвообразование в тундровой и таежной зонах Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2010. 304 с.
23. *Van Vliet-Lanoë B., Fox C.A.* Frost action // Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths. Elsevier, 2018. P. 575–603. DOI: [10.1016/C2014-0-01728-5](https://doi.org/10.1016/C2014-0-01728-5).

## REFERENCES

1. Ananko T.V., Gerasimova M.I., Savitskaya N.V. Floodplain soils on the soil map of the Russian Federation, scale 1 : 2.5 M, 1988, in the Russian soil

classification, 2004, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2022, No. 113 pp. 5–30. DOI: [10.19047/0136-1694-2022-113-5-30](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2022-113-5-30).

2. Atlas Arktiki (Atlas of the Arctic), Moscow.: GUGK, 1985, 204 p.

3. Goryachkin S.V., *Pochvennyi pokrov severa (struktura, genezis, ekologiya, evolyutsiya)* (Soil cover of the north (patterns, genesis, ecology, evolution)), Moscow: GEOS, 2010, 414 p.

4. Goryachkin S.V., Vodyanitskii Yu.N., Konyushkov D.E., Lesovaya S.N., Mergelov N.S., Titova A.A., Bioklimaticheskie i geogennye problemy geografii pochv severnoi Evrazii (Bioclimatic and geogenic problems of soil geography of northern Eurasia), *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2008, No. 62, pp. 48–68.

5. Zhuravlev V.A., Korago E.A., Kostin D.A. et al., *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Ob"yasnitel'naya zapiska* (State geological map of the Russian Federation. Explanatory letter), Saint Petersburg: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2014, 405 p.

6. Ignatenko I.V., *Pochvy vostochno-evropeiskoi tundry i lesotundry* (Soils of the Eastern European tundra and forest-tundra), Moscow: Nauka, 1979, 280 p.

7. Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. (Eds.), *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* (Classification and diagnostics of soils in Russia), Smolensk: Oikumena, 2004, 342 p.

8. Kovda V.A., Rozanov B.G., *Pochvovedenie, Ch. 1, Pochva i pochvoobrazovanie* (Soil science, Part 1, Soil and soil formation), Moscow: Vyssh. shk., 1988, 400 p.

9. Lavrinenko O.V., Matveeva N.V., Lavrinenko I.A., *Predvaritel'nye itogi klassifikatsii rastitel'nosti vostochnoevropeskikh tundr i novyi klass dlya zonal'nykh mestoobitaniy* (Preliminary results of the classification of vegetation of the Eastern European tundras and a new class for zonal habitats), *Biologiya rastenii i sadovodstvo: teoriya, innovatsii*, 2016, No. 143, pp. 95–105.

10. Liverovskii Yu.A., *Pochvy tundr Severnogo Kraya* (Soils of the tundra of the Northern Territory), Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1934, 112 p.

11. Lobkov V.A., Shmatova A.G., *Litologo-geomorfologicheskie zakonomernosti differentsiatsii pochvennogo pokrova vostochnoi chasti ostrova Kolguev* (Lithological and geomorphological patterns of differentiation of soil cover in eastern part of Kolguev Island), *Rel'ef i chetvertichnye obrazovaniya Arktiki, Subarkтики i Severo-Zapada Rossii*, 2022, Iss. 9, pp. 160–166, DOI: [10.24412/2687-1092-2022-9-160-166](https://doi.org/10.24412/2687-1092-2022-9-160-166).

12. Pastukhov A.V., *O genezise i klassifikatsionnom polozhenii avtomorfnykh pochv na pokrovnnykh suglinkakh v mikroekotone tundra-lesorundra* (On the genesis and classification position of automorphic soils on cover loams in the

tundra-forest tundra microecotone), *Vestnik sankt-peterburgskogo universiteta*, 2008, Ser. 3, No. 3, pp. 117–126.

13. Pastukhov A.V., Zaboeva I.V., Pochvy ekotona lesotundry (Soils of the forest-tundra ecotone), *Vestnik IB*, 2010, No. 2, pp. 5–10.

14. *Polevoi opredelitel' pochv* (Field soil guide), Moscow: Pochvennyi in-t im. V.V. Dokuchaeva, 2008, 182 p.

15. Rozanov B.G., *Morfologiya pochv* (Soil morphology), Moscow: Izd-vo MGU, 1983, 320 p.

16. Rusanova G.V., Deneva S.V., Kanev V.V., Pochvy severo-zapada Bol'shezemel'skoi tundry (bassein r. Ortiny) (Soils of the north-west of the Bolshezemel'skaya tundra (Ortina river basin)), *Pochvovedenie*, 2004, No. 7, pp. 792–803.

17. Rusanova G.V., Shakhtarova O.V., Strukturnaya organizatsiya i profil'naya differentsiatsiya veshchestv v avtomorfnykh pochvakh yugo-vostoka Bol'shezemel'skoi tundry (Structural organization and profile differentiation of substances in automorphic soils of the southeast of the Bolshezemel'skaya tundra), *Vestnik Tomskogo universiteta. Biologiya*, 2012, No. 3(19), pp. 18–32.

18. Rusanova G.V., Shakhtarova O.V., Osobennosti avtomorfnoho pochvoobrazovaniya v landshaftakh Bol'shezemel'skoi tundry (Features of automorphic soil formation in the landscapes of the Bolshezemel'skaya tundra), *Izvestiya Komi NTs UrO RAN*, 2013, No. 3(15), pp. 27–34.

19. *Teoriya i praktika khimicheskogo analiza pochv* (Theory and practice of chemical analysis of soils), Moscow: GEOS, 2006, 400 p.

20. Tonkonogov V.D., Goryachkin S.V., Pastukhov A.V., Osnovnye tipy profilei tundrovnykh suglinistykh pochv evropeiskogo severo-vostoka (Main types of profiles of tundra loamy soils of the European north-east), *Materialy IV S"ezda Dokuchaevskogo obshchestva pochvovedov "Pochvy – natsional'noe dostoyanie Rossii"* (Proc. of the IV Congress of the Dokuchaev Society of Soil Scientists. “Soils are the national treasure of Russia.”), Novosibirsk: “Nauka-Tsentr”, 2004, bk. 2, 223 p.

21. Tonkonogov V.D., Pastukhov A.V., Zaboeva I.V., O genezise i klassifikatsionnom polozenii avtomorfnykh pochv na pokrovnykh suglinkakh severnoi taigi Evropy (On the genesis and classification position of automorphic soils on cover loams of the northern taiga of Europe), *Pochvovedenie*, 2006, No. 1, pp. 29–36.

22. Tonkonogov V.D., *Avtomorfnoe pochvoobrazovanie v tundrovoi i taezhnoi zonakh Vostochno-Evropeiskoi i Zapadno-Sibirskoi ravnin* (Automorphic soil formation in the tundra and taiga zones of the East European and West Siberian Plains. M: Soil Institute named after. V.V. Dokuchaeva), Moscow: Pochvennyi in-t im. V.V. Dokuchaeva, 2010, 304 p.

Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2024.

“Почвоведение: Горизонты будущего. 2023”.

Dokuchaev Soil Bulletin, 2024, “Soil Science: Horizons of the Future. 2023”

23. Van Vliet- Lanoë B., Fox C.A., Frost action, In: *Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths*, Elsevier, 2018, p. 575–603, DOI: [10.1016/C2014-0-01728-5](https://doi.org/10.1016/C2014-0-01728-5).